L'EVOLUZIONE

DEL

SISTEMA SOLARE

SECONDO LE IDEE MODERNE

DELL'

Ingegnere OTTAVIO ZANOTTI BIANCO

Segretario della Società Meteorologica Italiana.

TORINO

TIPOGRAFIA G. DEROSSI

Via Rossini, N. 12 bis

1887

L'EVOLUZIONE DEL SISTEMA SOLARE

SECONDO LE IDEE MODERNE

Che poi la somma delle cose un fine
A se medesma apparecchiar non possa,
Ben provede natura.....
LUCREZIO, *De rerum natura,* lib. I.
versione del Marchetti.

Let knowledge grow from more to more,
But more of reverence in us dwell;
That, mind and soul, according well,
May make our music as before,
But vaster.
TENNYSON, *In Memoriam.*

..... Im Anfang war das Wort!
. . . .
..... Im Anfang war der Sinn!
. . . .
..... Im Anfang war die Kraft!
. . . .
..... Auf einmal seh' ich Rat
Und schreibe getrost: Im Anfang war die That.
GOETHE, *Faust.*

Lo spirito umano, quasi non bastassero i dolori e le lotte della vita, si è sempre tormentato con problemi, la cui soluzione è sfuggita finora e sfuggirà sempre ai suoi tentativi.

Il principio e la fine del mondo su cui siamo costretti a soffrire e degli astri che lo circondano, costituiscono una delle più formidabili questioni che l' irrequieta mente umana si sia poste. Fin dai tempi più remoti, con pazze divagazioni, con paurose immaginazioni si volle trovare l'origine del mondo. Si hanno cosmogonie, nei libri di tutte le religioni del mondo; ma esse si devono come nient'altro considerare, che come una grossolana espressione delle cognizioni sul mondo fisico, del popolo presso il quale esse erano accettate.

Il Faye ha chiaramente espresso questo concetto, quando, parlando della genesi, scrive: « La genese est à la fois la plus ancienne tradition religieuse et le plus ancien monument de la science primitive, mais ajoutons immediatement que, si les plus hautes verités religieuses ont été communiquées au monde par l'intermêdiaire d'hommes inspirés, cette inspiration n'a jamais porté sur les questions d'ordre scientifique » (1).

Ma all'infuori anche dei dogmi, che l'umanità accettò come soluzione alle sue inchieste sull' universo, molte teorie cosmogoniche furono escogitate da profondi pensatori. Nessuna resse alla prova dei fatti dimostrati dall'esperienza, nessuna spiegava completamente i fenomeni osservati, a questi anzi molte contraddicevano. Tal sorte sarà, forse per sempre, quella di tutte le cosmogonie; pur tuttavia una fra esse, quella di KANT (2) e LAPLACE (3), che pareva doversi del tutto abbandonare, ripiglia ora nuova vita e vigore, da nuovi studi e da nuove scoperte.

> Mit dem Genius steht die Natur in ewigem Bunde,
> Was der eine verspricht, leistet die Andre gewiss
> (SCHILLER).

Si è di quella teoria che vogliamo particolarmente occuparci.

I.

A base della sua teoria LAPLACE pose i fatti seguenti, che, al suo tempo (4), si osservavano senza contraddizioni nel sistema solare.

1° I movimenti diurni ed annui dei corpi del sistema essere diretti, farsi cioè da Ovest ad Est.

2° Le piccole eccentricità delle orbite di essi corpi.

3° Le piccole inclinazioni di esse orbite.

Qualunque sia la causa, che ha prodotto quei tre fenomeni, quella deve aver agito su tutti i pianeti, e poichè questi sono separati da tanto grandi distanze, così essa puossi unicamente cercare, in un fluido, probabilmente, da principio solo aeriforme, e che occupasse uno spazio enorme. E poichè essa ha dato a tutti i pianeti un movimento pressochè circolare e del medesimo verso intorno al sole, così questo fluido deve aver circondato il sole in forma di atmosfera. LAPLACE, ammetteva che questa

atmosfera, che nel suo concetto non era altro che un proseguimento del corpo proprio del sole, o nucleo della nebulosa, che egli considera all'inizio delle cose, avesse una temperatura primitiva enorme, e che la quantità di calore fosse una proprietà originale, della cui origine egli non si preoccupò.

HELMOLTZ (5) e THOMSON (6), ammisero che la nebulosa fosse primitivamente estesa bensì indefinitamente, ma freddissima, e che essa venisse acquistando calore per la diminuzione di volume, che si andava effettuando sotto l'impero dell' attrazione universale, verso un centro un po' più denso della nebulosa, e che avrebbe costituito per così dire, il nucleo rudimentale del sole attuale. In questo modo di vedere il calore del sole sarebbe dovuto alla contrazione della nebulosa dal suo volume immenso primitivo a quello occupato all'istante, considerato da LAPLACE, della formazione dei pianeti. La nebulosa di LAPLACE era dunque di quelle che in astronomia si chiamano a condensazione centrale (7), formata di un fluido aeriforme, rarefatto oltre quanto puossi ideare (8), ed i cui strati animati da una stessa velocità angolare di rotazione ubbidiscono alle leggi poste da LAPLACE stesso nel suo studio delle atmosfere. La causa della rotazione della nebulosa non è indicata da LAPLACE, essa sembra a lui essere una proprietà primitiva, come l' attrazione, ed anteriore alla condensazione centrale. In un sol luogo, per quanto ci consta, sembra voler riattaccare la rotazione all'attrazione, ma senza alcuna spiegazione che permetta di comprendere la sua idea.

KANT aveva supposto l'ammasso generatore del sistema planetario in riposo, ed ammettendo che il centro di esso fosse più denso del rimanente, credette che la caduta delle particelle dell'ammasso verso il nucleo centrale attraente, e le repulsioni che fra esse egli voleva si esercitassero, fossero sufficienti a produrre, come risultato d' innumeri moti vorticosi in ogni senso, il moto di rotazione generale dell'ammasso. Questa conclusione è assolutamente contraria alle leggi della meccanica, giacchè i movimenti di rivoluzione e di rotazione dei corpi del sistema solare non possono essere che dovuti al movimento di rotazione comunicato all' origine alla nebulosa da una causa esterna. LAPLACE non ricercò, come vedemmo, questa casua, ammise la rotazione come un dato di fatto, senz' altro.

Quest'immensa nebulosa, ruotando e contraendosi per l'attrazione del suo nucleo centrale e forse anche in parte per raffreddamento dovuto all' irradiazione verso lo spazio circostante (9), ha dovuto pel principio delle aree venir ognor più rapidamente ruotando. I punti della sua superficie esterna, in cui le due forze (così dette, centrifuga e centripeta) si equilibrano han dovuto avvicinarsi al centro o nucleo, da esso si staccarono quindi, a formare una zona di materia nebulosa, quelle particelle che stavano all' infuori di quella regione di equilibrio fra le due forze. Gli studi del signor ROCHE, che a questo riguardano completano i lavori di LAPLACE, sono degni di grande attenzione, ma l'indole loro essenzialmente matematica, ci toglie di poterne dare quì anche solo una sommaria idea. Non è che all' equatore che la nebulosa ha potuto così abbandonare una parte della materia che la componeva; giacchè in qualsiasi altro luogo che nel piano di questo cerchio, l' attrazione subìta da ogni particella per effetto della massa totale, non ha la stessa direzione della forza centrifuga, che anzi, la risultante di queste due forze, al crescere, colla velocità della forza centrifuga, tende ad accostare ognor più la molecola all'equatore. L' accrescimento della velocità angolare della nebulosa fa dunque che le molecole, specialmente quelle vicine alla superficie, si trasportino da tutte le parti al suo equatore nei pressi del quale, esse sono, come dicemmo, volta a volta, abbandonate.

Da questi anelli si sarebbero, secondo LAPLACE, formati i pianeti. Questo è certo uno dei punti più deboli dell'ipotesi di LAPLACE, e tanto, che il WOLF, il più recente, e certo uno dei più competenti difensori di essa, dichiara che la formazione di un solo pianeta di grandi dimensioni dalla materia di un anello, è uno dei punti completamente oscuri ed inesplicabili della teoria. Secondo lo stesso autore, che pure risolvette la massima parte delle obbiezioni fatte all'ipotesi di LAPLACE è ancora in questa inesplicabile il fatto constatato, della forte inclinazione degli equatori e delle orbite dei satelliti dei varii pianeti, sui piani delle orbite di questi. Vero è che questi fatti rimangono non chiariti anche nella recente teoria cosmogonica del FAYE; e ciò vale a dimostrare, che senza la scorta sicura dei fatti non si può andare lontano. Moltissime leggi di natura ci sono ignote,

ce que nous ignorons est immense (LAPLACE), sarebbe quindi prudenza il limitarci a quanto ci insegna il calcolo e l'esperienza. Ma la mente umana è irrequieta, insofferente di freno, ed indagatrice curiosa, si spinge nel passato e nel futuro più sull'ali dell'immaginazione che su quelle della scienza. Avvertiti quindi di ciò, facciamoci ad esaminare come si cerchi ora di spiegare, certo più male che bene, l'origine dei pianeti e fra essi della nostra terra in particolare.

Le zone, abbandonate, come dicemmo, dalla nebulosa nei pressi dell'equatore, hanno dovuto assai probabilmente formare per la loro condensazione e l'attrazione reciproca delle loro molecole, diversi anelli concentrici di vapori, circolanti attorno al nucleo centrale che divenne il sole (10). I pianeti si sarebbero, nell'ipotesi di LAPLACE, formati nel modo seguente dagli anelli. Se tutte le molecole di un anello di vapori continuassero a condensarsi per raffreddamento senza disunirsi, esse finirebbero per formare un anello liquido e poi solido. La regolarità, che questa formazione esige in tutte le parti dell'anello e nel loro raffreddamento, ha dovuto rendere questo fenomeno eccessivamente raro. La materia degli anelli ha pertanto dovuto poco per volta riunirsi intorno a certi centri d'attrazione, ed in causa di queste concentrazioni parziali, comporsi in processo di tempo in vari frammenti, che moventisi con velocità poco differenti hanno continuato a circolare alla stessa distanza intorno al sole. Queste masse presero una forma sferoidica, con un moto di rotazione avente lo stesso verso della loro rivoluzione, formando così una serie di piccole nebulose planetarie. Ma se una di esse è stata così potente per attrarre a sè e mantenere a sè riunite tutte le altre, l'anello di vapori sarà così stato trasformato in una sola massa sferoidica di vapori circolanti attorno al sole, con una rotazione diretta pel verso della sua rivoluzione. Quest'ultimo caso è stato, dice LAPLACE, il più comune, tuttavia il sistema solare ci offre il primo caso nei 295 pianetini che circolano fra Marte e Giove.

Le indagini posteriori a LAPLACE hanno fatto vedere, che un pianeta di grandi dimensioni non può essersi formato da un anello, così come egli dice, sì che il Prof. CELORIA non ebbe torto di scrivere le seguenti parole: « Di molte cose si può dubitare, ma certo è almeno che il nostro sistema solare,

non si è generato così come LAPLACE immaginò. Pensare e dir questo non è irriverenza verso il sommo uomo, la cui fama di scienziato si appoggia sopra basi ben più solide che non sia la sua teoria cosmogonica » (11).

Il signor KIRKWOOD, che fece al modo di vedere di LAPLACE obbiezioni finora non risolte, cercò di supplirvi con altri concetti, che il WOLF non esita a dichiarare assai poco felici.

In modo non dissimile da quello testè esposto, si sarebbero, secondo LAPLACE, formati i satelliti dei vari pianeti.

E così o bene o male, sarebbe spiegata la formazione della terra e della luna, e noi di esse intendiamo appunto occuparci più particolarmente.

La terra dunque, si staccò dalla nebulosa di LAPLACE, e si formò in un globo di vapori, continuamente, diminuenti di volume per l'attrazione, del suo nucleo centrale, e per raffreddamento prodotto dall'irradiazione verso lo spazio. Come già si disse questa diminuzione di volume produceva accrescimento di temperatura; ma ciò durò solo fino a quando, il corpo, nella condensazione, divenne liquido e cessò di obbedire alle leggi dei gaz. Da quell'istante la perdita di calore continuando, il corpo potè divenire solido, con un più rapido processo di condensazione.

WILLIAM THOMSON ha calcolato l'epoca in cui deve essere avvenuta la prima solidificazione della crosta terrestre, ossia l'emergenza di quello che LEIBNITZ chiama *consistentior stratus* (12).

THOMSON è partito dalla teoria della trasmissione del calore di FOURIER e dai dati d'osservazione sull'accrescimento della temperatura, andando dalla superficie verso il centro della terra.

Poichè la massa terrestre, presenta temperature crescenti, quando si va verso il suo centro, per la tendenza, che ha il calore, a trasmettersi dalle parti più calde di un corpo alle più fredde, deve verificarsi un continuo flusso di calore dall'interno verso la superficie, con irradiazione da questa verso lo spazio, e quindi con dispersione di esso calore, venuto dall'interno.

Data questa perdita di calore, e l'attuale legge di accresci-

mento della temperatura nell'interno della terra, si può a mezzo della teoria di FOURIER calcolare qual fosse la distribuzione del calore terrestre centinaia e migliaia d'anni or sono, e quale sarà questa distribuzione fra centinaia e migliaia d' anni. Avvertasi però che questi calcoli sono leciti solo quando, si ammetta, il che è probabile, ma non certo, che le leggi fisiche, che ora governano la materia valessero in modo identico all' attuale, in quelle epoche remotissime, e che continuino a valere, senza interruzione e la benchè minima variazione, fino a quelle epoche future.

THOMSON che istituì questo calcolo trovò, « che la consolidazione non può essere avvenuta meno di 20 milioni d' anni or sono, chè altrimenti avremmo ora calor interno maggiore dell'osservato, nè può essersi verificata prima di 400 milioni d' anni, chè altrimenti avremmo ora calor interno minor dell'attuale » e ritiene che l'emergenza dello strato solido avvenne in epoca compresa fra quei due limiti lontanissimi. In una più recente discussione dello stesso argomento, egli si mostra più propenso ad accettare il limite inferiore di 20 milioni d'anni, ma conchiude, che da considerazioni di tutta evidenza risulta, che la consolidazione primitiva della terra, non può essersi fatta più in là di 100 milioni d'anni. TAIT (13), si accosta al limite inferiore di THOMSON di 20 milioni d'anni, riducendolo ancora a 10 o 15 milioni al più. FISHER (14), trovò 33 milioni d'anni.

Noi ci fermiamo ai risultati ottenuti dalla matematica e dalla fisica, tralasciamo quelli dati dai geologi, che si fondano su ipotesi ancora molto discusse. Del resto il limite di 100 milioni d'anni, per l'emergenza del primo strato solido terrestre è accettato anche nell'articolo *Geology* della veramente ottima *Cyclopedia Britannica.*

Ad un limite pressochè uguale a quest'ultimo, giunse THOMSON partendo dal fatto oramai generalmente ammesso, che in causa dell'attrito prodotto dall'onda della marea, la rotazione della terra intorno al suo asse si va facendo ogni dì più lenta. In virtù di questo fatto, la terra si rivolge ora sopra se stessa, assai meno rapidamente di quello che non facesse un tempo, e ci si può chiedere; quando deve essersi solidificata, per poter avere lo schiacciamento, che le misure geodetiche ci dicono aver essa oggidì (15).

THOMSON afferma, che se la terra si fosse solidificata in epoca lontana da noi più di 100 milioni d'anni, la forza centrifuga prodotta dalla molto maggior velocità di rotazione d'allora, avrebbe dovuto dare alla terra uno schiacciamento molto maggiore dell'attuale. Egli nota che 100 milioni d'anni fa, la forza centrifuga doveva essere di circa tre per cento maggiore dell'attuale, e finisce per ammettere che: « nulla di quanto sappiamo sulla figura della terra, e sulla distribuzione della terra e dell'acqua, ci darebbe ragione, se affermassimo, che un corpo consolidatosi, quando la forza centrifuga era del tre per cento maggiore dell'attuale, non potrebbe essere quale è la terra, come la conosciamo al presente ». TAIT (16) afferma che si ottiene così un limite che di poco si scosta dai 10 milioni d'anni, avendo specialmente riguardo al limite minimo di THOMSON. Egli però non dice su quali basi fondi la sua asserzione. THOMSON e TAIT, si occupano poi ancora dell'epoca in cui la terra potè divenire abitabile da organismi quali mostra la paleontologia, e dai due precedenti argomenti e da un terzo, dedotto da calcoli sull'origine del calore solare, concludono, che essa lo fu, tutt'al più 20,000 anni dopo la formazione del primo strato solido.

Ma su questo delicatissimo argomento, ed in particolare su quest'ultima conclusione, che sembra contraddetta dalla teoria dell'evoluzione degli organismi, non è nostro scopo il fermarci.

Basta a noi, l'aver colla scorta delle migliori autorità stabilita l'epoca della *prima catastrofe*, del principio cioè di uno stato, assai probabilmente, di poco differente da quello in cui si trova ora il pianeta, sul quale siamo costretti a compiere il doloroso ciclo della nostra umana esistenza.

II.

Veniamo ora a vedere se la scienza ci dia modo di congetturare qualche cosa sull'*ultima catastrofe*, sulla fine della nostra terra, come corpo celeste.

Non ci occuperemo per nulla quindi della fine degli organismi, come non ci occupammo del loro principio. Qui però vogliamo esporre francamente la nostra opinione al riguardo.

La natura è così prodigiosamente ricca di mezzi, la scienza è così piccola a petto di essa, che nessuno scienziato (veramente degno di questo nobilissimo titolo) deve osare di dichiarare l'inabitabilità da esseri intelligenti, della terra nelle sue fasi diverse o quella di qualsiasi altro astro o regione dello spazio, comunque possano essere essi costituiti.

La natura ed il Supremo potere Creatore, a noi ora incognito, possono aver prodotto e produrre, stato di cose, organismi ed intelligenze acconci a qualsiasi condizione, e di esse la picciolatta e debole mente dell'uomo, quale ora esiste, non potrà mai avere la benchè minima idea. Ci pare quindi, assai ardito, se non temerario affatto, il parlare della fine degli organismi attuali, come della fine degli esseri intelligenti: e si è in questo convincimento, che volemmo limitare il nostro studio, ai corpi celesti considerati unicamente come corpi cosmici.

Ciò ben stabilito, a scanso d'equivoci, incominciamo il lunghissimo viaggio. Pure qui ne giova avvertire, che le speculazioni e le teorie che andremo esaminando, ammettono tutte come fondamento essenziale, la continua azione delle leggi attuali fisiche, quali sono ora da noi conosciute. La più piccola variazione o modificazione di esse, anche astraendo da qualsiasi interruzione dell'azione loro, potrebbe non solo modificare, ma rovesciare completamente tutte le nostre speculazioni, come ce ne offrirà un convincentissimo esempio, la teoria di DARWIN (17) sull'effetto delle maree.

I calcoli di LAPLACE, di LAGRANGE e di POISSON hanno dimostrato, che ad onta delle perturbazioni che i corpi del sistema solare esercitano gli uni sugli altri, lo stato di esso si manterrà sempre simile ed assai poco differente dall'attuale. Si è provato che le eccentricità delle orbite dei pianeti, pur non mantenendosi costanti, oscilleranno sempre fra limiti molto ristretti. Si è così dimostrato, insieme a proposizioni analoghe alla precedente, per le inclinazioni delle orbite e per le distanze medie, che il sistema solare è meccanicamente stabile.

Ma in questi calcoli, i corpi celesti sono considerati come assolutamente rigidi ed indeformabili, o più esattamente ancora, come ridotti a punti materiali. Di più questi corpi sono supposti muoversi in un vuoto perfetto, od almeno in un mezzo,

la cui resistenza è come nulla; ed infine si suppone che la gravitazione sia la sola forza che agisce su di essi.

I progressi della scienza da LAGRANGE in poi, hanno dimostrato, che nessuna delle supposizioni poste a base di quei calcoli è rigorosamente vera. Nè si ravvisi in questo concetto, ora divenuto verità, un'irriverenza anche lontanissima verso quell'immortale Italiano.

Data la costituzione del sistema solare, come è assunta da LAGRANGE, la stabilità di essa è per sempre assicurata; ma data invece quella che la scienza ammette ora, i teoremi di LAGRANGE non sussistono più.

I corpi celesti non sono rigidi, valga ad esempio la terra. Noi sappiamo dall'esperienza, che un corpo rigido nel senso matematico della parola e voluto dalla teoria di LAGRANGE, non esiste. Le roccie non son rigide, l'acciaio, non lo è, e neppure il diamante può dirsi rigorosamente tale. L'intiera terra è lungi dall'essere rigida anche alla superficie, e nell'interno è ancora, forse, più o meno fluida, pertanto essa non può per nulla chiamarsi un corpo rigido. Le nozioni che si hanno sugl'altri pianeti, ci danno diritto di affermare altrettanto per essi; Saturno e Giove, possono forse appena chiamarsi corpi solidi. Quanto si sa sul sole, che si considera come un corpo fluido, che va condensandosi, ci fa vedere che esso è tutt'altro che rigido. Il sistema solare di LAGRANGE consisteva di un sole e di pianeti, matematicamente rigidi, quello che l'astronomia moderna ha svelato consiste di un sole che non è rigido in senso veruno, e di pianeti che non lo sono, che parzialmente.

Sebbene la resistenza del mezzo nel quale si muovono i pianeti, non sembri essersi manifestata, che coll'accelerazione del movimento della cometa Encke, e non appaia aver essa alterati, nei tempi storici, i movimenti dei pianeti e dei loro satelliti; tuttavia gli astronomi tutti sono concordi dell' ammettere, che gli spazii interplanetarii non sono assolutamente vuoti. NEWTON scriveva, che i movimenti dei grandi corpi celesti, si conservano *più a lungo* di quelli dei proiettili nell'aria, perchè essi si fanno in spazii *meno resistenti* (18).

Migliaia d'anni non bastano a rendere sensibile la resistenza sul moto dei pianeti del mezzo etereo, che si suppone riempia gli spazii, nel quale si muove il sistema solare e di quello me-

teorico, che ci si mostra negli spazii interplanetari colle stelle cadenti.

È egli dunque lecito, l'affermare che questa resistenza è nulla, e che essa non si manifesterà in capo ad un tempo sufficientemente lungo, con un progressivo restringimento dell'orbite dei pianeti?

Sulla necessità poi di tenere conto di altre forze, oltre che della gravitazione il Wolf, così si esprime:

« Lo stato elettrico dei pianeti e del sole, sembra oggidì dimostrato, dalle concordanze almeno assai singolari, che si manifestano fra le variazioni d'aspetto della superficie solare da una parte, e le aurore boreali e le variazioni del magnetismo terrestre dall'altra. Da ciò quelle azioni induttrici che s'esercitano fra il sole ed i pianeti, e delle quali Quet ha fatto uno studio profondo. Ora tali azioni generano delle correnti di senso contrario a quelle il cui effetto elettrodinamico sarebbe di produrre i movimenti reali di rotazione e di rivoluzione dei pianeti. Esse agiscono quindi necessariamente a guisa d'un freno per diminuire la quantità di moto di questi astri. Se i lavori di Laplace non permettono di considerare l'attrazione newtoniana come una causa di disordine nel sistema solare; l'induzione elettrica sembra per contro introdurvi una causa di perturbazione gradatamente crescente, della quale gli astronomi debbono al giorno d'oggi preoccuparsi ».

Noi, abbiamo già avvertito, che i corpi del sistema solare non sono rigidi: essi poi non sono punti materiali, ma sferoidi in parte solidi ed in parte fluidi. L'attrazione reciproca dei pianeti, produce su ciascuno delle deformazioni, e poichè le parti solide non sono perfettamente elastiche, e le parti fluide non sono dotate di una mobilità perfetta, quelle deformazioni non possono farsi, senza che le parti che le subiscono, manifestino delle resistenze con produzione di attriti. Questi attriti, per un procedimento dinamico, assorbono una parte dell'energia di moto del corpo nel quale avvengono e la trasformano per ultimo in calore, secondo la legge della trasformazione dell'energia.

Fra le deformazioni più sensibili ed importanti constatate dall'uomo sulla terra, son le maree solari e lunari. La meccanica celeste è giunta a dare una teoria rigorosa delle maree,

e spingendosi più in alto ancora, ha trovato in esse la causa di irregolarità nel movimento della luna, che altrimenti sarebbero state inesplicabili.

HALLEY nel 1692 (19), paragonando fra loro i ricordi lasciati dagli astronomi Caldei sui più antichi eclissi lunari, cogli eclissi dei tempi moderni, aveva trovato, che il periodo attuale della rivoluzione lunare è sensibilmente più corto che a quell'epoca remota; questo risultato fu confermato da un'ulteriore paragone delle due serie d'osservazioni, con quelle degli astronomi arabi del nono ed ottavo secolo. Risultò da questi paragoni e dai calcoli di LAPLACE (20), che la quantità di cui varia il moto medio della luna è di circa (21) undici minuti secondi d' arco al secolo, quantità piccola di per sè, ma che diviene considerevole, col suo accumularsi nella successione dei secoli. LAPLACE mostrò, che vi era modo di spiegare quel fenomeno, che egli chiamò « accelerazione secolare del moto medio della luna », a mezzo di una variazione d'eccentricità dell'orbita terrestre, e questa spiegazione tradotta da lui in cifre, sembrava dar esattamente ragione dal valore trovato per la detta accelerazione secolare.

Fortunatamente ADAMS nel 1853 (22), rivide i calcoli di LAPLACE, e trovò che questi aveva trascurata una parte dei termini necessari, e che la teoria di LAPLACE corretta come vuolsi, dava ragione solo di metà circa del fenomeno osservato.

DELAUNAY nel 1864 (23) arrivò ad un analogo risultato e dimostrò, che la variazione d'eccentricità dell'orbita terrestre, non accelera il moto della luna che di sei secondi d'arco per secolo. Questo risultato, fu poi ampiamente confermato dai lavori di Vittorio e Pietro Puiseux. Ammettendo quindi anche il valore più basso, dedotto, dal solo paragone delle osservazioni antiche e moderne da Newcomb nel 1877, e che è di 8",4 al secolo, rimarrebbe ancora a spiegarsi parte dell'accelerazione secolare del moto della luna, della quale invece, quale dedotta pure dalle sole osservazioni da Airy nel 1858, e che è di 13", rimarrebbe a spiegare più che la metà.

Qui con THOMSON e TAIT, adotteremo 12", come valore dell'accelerazione secolare della luna risultante dall' osservazione e 6", come la parte di essa spiegata dalla teoria di LAPLACE. Come si spiega l'altra metà; che non può attribuirsi, pare certo,

all'azione perturbatrice di altri corpi sulla luna? Scartate così, tutte le altre cause di questo accelerarsi del moto della luna, non resta, nello stato attuale della scienza, che ad esaminare, se l'unità di misura del tempo, colla quale esprimiamo la durata della rivoluzione della luna, cioè il giorno siderale, sia sempre la stessa. LAPLACE aveva già primitivamente attribuito. l'accelerazione secolare della luna, ad un rallentamento della velocità della terra, ma aveva poi abbandonato quest' idea. Dopo i calcoli di ADAMS, DELAUNAY la riprese, e suggerì, che la parte inspiegata dell'accelerazione lunare, si dovesse attribuire ad un ritardo nella rotazione terrestre prodotto dalle maree. Per questo ritardo ADAMS e DARWIN, diedero varii valori, dei quali, come media, puossi ritenere 22 secondi di tempo per secolo. Quindi in un secolo la terra ritarderebbe di 22 secondi rispetto ad un cronometro regolato al principio del secolo. KANT pel primo accennò al fatto di una resistenza alla rotazione terrestre dovuta all' onda di marea. Le acque nella marea sono sollevate verso la luna, e nella parte opposta della terra allontanate da essa, quindi la terra è costretta a rotare entro a questa specie di guscio acquoso. In ciò sta una causa costante d'attrito, il quale a sua volta produce calore, per renderci ragione del quale è necessario ammettere che esso sia dovuto alla trasformazione dell'energia di rotazione della terra intorno al suo asse.

Rallentandosi la velocità di rotazione terrestre, si allunga il giorno siderale; si può concludere pertanto che molte migliaia d'anni fa la terra doveva rotare più rapidamente d'ora, ed è così che si giunse da THOMSON all' epoca del probabile consolidamento della terra, di cui già si è fatto cenno.

Spingendosi invece nel futuro, l' analisi matematica ci fa vedere, che l'effetto finale del rallentamento prodotto dalle maree, sarà di ridurre la terra a volgere costantemente verso la luna la stessa porzione della sua superficie, e quindi di compiere la rotazione su se stessa nel tempo medesimo in cui la luna descrive intorno alla terra la sua orbita. In quell' epoca lontana il giorno sarà dunque lungo quanto un mese lunare. La forma dei due astri rimarebbe da quell' epoca invariata e quello stato di cose durerebbe eternamente se la terra e la luna esistessero sole nello spazio.

Vedi lassù nel ciel romitamente
La luna andar, come una mesta? Ed ella,
Da che volò la prima ala del tempo,
Con la terra amoreggia. Un infinita
Lontananza di freddo aere le parte;
Pur fra i silenzii del viaggio arcano
Si seguon sempre e si verran compagne
Il Signore lo sa quando.

(ALEARDI, lettere a Maria, *L'invito*).

La presenza del sole cambia questo stato di cose (24).

Le maree solari — due volte acqua alta e due acqua bassa — avverranno in un giorno solare di quell'epoca, ossia in un mese. Esse non potranno prodursi senza consumare energia, nell'attrito del fluido. Il primo effetto, che questa perdita d'energia produrrà coll'accumularsi per secoli, sarà di far cadere la luna sulla terra, aumentando contemporaneamente la distanza di questi corpi dal sole. L'astro unico risultante dalla riunione della terra colla luna, andrà di poi rallentando la sua rotazione, fino ad averne una di durata eguale a quella della sua rivoluzione, che sarà divenuta anche la durata della rotazione del sole. Di poi, per l'azione del corpo terra-luna, sulle parti liquide del sole (se questi ne avrà ancora), i due corpi dopo aver d'alquanto accresciuta la loro distanza, continueranno a muoversi attorno al loro centro d'inerzia, come se col loro insieme costituissero un corpo rigido. Se ora intervenisse un altro astro, la terra andrebbe accostandosi poco per volta al sole e finirebbe per cadere su di esso. THOMSON cui sono dovute queste profonde investigazioni, che pur troppo, assai male si possono esprimere senza simboli e termini matematici, conchiude come segue.

« È probabile che la luna, nei tempi antichi liquida o viscosa alla sua superficie esterna, se non totalmente, fu così portata a volgere sempre la faccia medesima alla terra ».

« Nello stato attuale della scienza, noi non possediamo dato alcuno, per apprezzare l'importanza dell'attrito delle maree, e della resistenza del mezzo attraverso il quale si muovono la terra e la luna; ma sia esso qual si vuol essere, non si può dare per un sistema, come quello costituito dal sole e dai pianeti, che un solo risultato finale, ove continuino ad agire le

leggi attuali, e non avvengano perturbazioni per incontri con altre masse nello spazio; cioè, il raccogliersi del tutto in una sola massa, che, dopo aver continuato per alcun tempo a rotare sopra se medesima, finirà per divenir ferma relativamente al mezzo che la circonda ».

A questo modo di vedere, può farsi un' obbiezione, che crediamo finora non sia stata sollevata.

I calcoli stessi di THOMSON, dimostrano che il sole fra non molti milioni d' anni avrà cessato d' irradiare calore, se continuerà il procedimento di condensazione e raffreddamento ora attivo sull'astro del giorno. Ora cessando il benefico calore solare, la terra si raffredderà, e le parti liquide si consolideranno, e le maree acquee cesseranno, e forse rimarranno sole le maree atmosferiche, il cui effetto se non nullo è certamente assai piccolo in confronto di quello delle maree acquee.

> ..... E pari a le funebri
> Che fra poco vedrai larve di mondi
> Qua e là disperse, anch'ella quando fia
> Piena la cifra dei suoi dì fatale,
> Così travolta andrà per lo infinito,
> Svanirà l'acqua che la bagna; l'aura
> Che la circonda; nè scintilla alcuna
> Più nel suo grembo celerà di foco.
>
> (ALEARDI, Lettere a Maria, *L'immortalità dell'anima*.)

L' attrito delle maree quindi, invocato a produrre il rallentamento della rotazione terrestre, non agirà più quando la terra pel raffreddamento sarà tutta solida, e il verificarsi dei fatti esposti sopra, dipenderà dal tempo che richiedono, il verificarsi dell'estinzione del sole, e l'allungarsi del giorno solare fino a divenire eguale al mese. La scienza non può ora e non potrà forse per molto tempo dire, quale dei due fenomeni avverrà prima. Non è sragionevole pertanto il supporre, che avvenendo prima l'estinzione del sole, ed il contemporaneo consolidamento della terra, l'evoluzione del sistema quale la volle THOMSON, sarebbe attraverso alla serie infinita dei secoli del tutto cambiata.

WOLF, KANT, RANKINE (25), HIRN (26), PROCTOR (27), TAIT e STEWART (28), CROLL (29), spingendo le poderose loro menti,

più lungi ancora che la fine del sistema solare, hanno escogitate ipotesi, sulle sorti future degli astri tutti dell' universo. Essi intravidero nelle grandiose loro sintesi, in vece continua, l' estinguersi ed il rinascere dei sistemi, ed una eterna ed incessante evoluzione degli esseri verso una incognita meta, chè, come dice il poeta.

> Dio solo conosce a quale arcano
> Porto tenda il creato, e quando fia
> Ch' ivi riposi dal fatal viaggio.

Ma a noi basti ora l' esserci spinti attraverso a milioni di secoli sino alla fine del sistema solare.

Vedemmo che, anche per questa, la scienza più elevata non ci dà che ipotesi più o meno fondate.

Invano, la curiosa ed irrequieta mente dell' uomo si slancia sull'ali di arditissime speculazioni pei campi interminati dello spazio e del tempo, invano, poichè l' origine prima ed il fine ultimo dell' universo, la natura intima delle cose, non meno dell'antico e tormentoso enimma della vita, ci rimarranno per sempre sconosciuti.

> Profounder, profounder man's spirit must dive :
> To its aye-rolling orbit no goal can arrive:
> The heavens that now draw him wit sweetness untold
> Once found-for new heavens man spurneth the old.
> (*Emerson*).

OTTAVIO ZANOTTI BIANCO.

---

(1) *Sur l'origine du Monde-Theories cosmogoniques des anciens et des modernes*, par H. FAYE de l'Institut. Paris, 1884, pag. 11.

(2) *Naturgeschichte des Himmels*, 1755. WOLF C. ha dato una traduzione francese di quest'opera, nel suo libro *Les hypothèses cosmogoniques.*

(3) LAPLACE, *Exposition du système du Monde*, Paris, 1796.

(4) 1796.

(5) HELMOLTZ, *Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittelungen der Physik.* E n populär wissenschaflicher Vortrag gehalten an. 7 Februar 1854 in Königsberg in Preussen. *Ueber die Erhaltung der Kraft.* Einleituns Eines Cyclus von Vorlesungen gehalten in Carlsruhe während deg

Winters 1862 auf. 1863. *Ueber die Entstehung des Planetensystems.* Vortrag gehalten in Heidelberg und Cöln am Rhein im Jahre 1871.

(6) THOMSON, *On the Mechanical Energies of the Solar System.* Transactions Royal Society Edinburg, aprile 1854. *On the secular cooling of the Sun*, Macmillan's Magazine, March 1862. *On the Secular Cooling of the Earth*, Transactions of the Royal Society of Edinburg, 1862. Transactions of the Geological Society of Glascow, III.

(7) HERSCHELL, *Account of some observations tending to investigate the construction of the Heavens,* 1784.

(8) FAYE, l. c. p. 198-99, ha calcolato, che se la nebulosa solare si fosse originariamente estesa fino ad una distanza dal centro attuale, eguale a dieci volte quella di Nettuno, la sua densità sarebbe stata 250 volte minore di quella dell'aria contenuta in un recipiente, nel quale si fosse fatto il vuoto al millesimo.

(9) LAPLACE ammetteva che il raffreddamento fosse l' unica causa della contrazione. La termodinamica invece, scienza nata dopo lui, fece vedere, che la contrazione dovuta alla gravità produceva calore. Anzi il signor LANE nel 1870, nel suo lavoro intitolato *On the theorical temperature of the Sun* (Silliman's Iournal) ha dimostrato che la temperatura di un corpo gazoso, si eleva continuamente, mentre esso si contrae in seguito a perdita di calore. Questo apparente paradosso è una conseguenza immediata della legge dell' attrazione e di quella di MARIOTTE (WOLF). Per cui se tutto ciò è vero e se è applicabile ancora alle condizioni della nebulosa di LAPLACE, nulla conoscendo sulla legge d'irradiazione che regolava il raffreddamento, nessun concetto potremo farci mai sul possibile aumento o sulla diminuzione di temperatura della nebulosa finchè essa si mantenne gazosa.

(10) Vedi a questo riguardo i ~~seguenti~~ lavori di TROWBRIDGE, FAYE, KIRKWOOD, che sollevano difficoltà serie a questo modo di vedere. Quelli di Roche, sagacissimi e profondi, le hanno però quasi affatto eliminate.

(11) *Teorie Cosmogoniche. Annuario scientifico industriale, 1885-86.*

(12) LEIBNITZ, *Protogaea sive de prima facie telluris et antiquissimæ historiæ vestigiis in ipsis naturæ monumentis,* 1748.

(13) *Recent advances in Physical Science,* 3ª edizione 1885, p. 168,

(14) FISHER, *The Physics of the Earthis Crust,* 1881.

(15) Ammessa la primitiva fluidità della Terra, e noto che lo schiacciamento polare terrestre è dovuto alla rotazione intorno all'asse.

(16) *Recent advances in Physical Science,* 3ª edizione 1885, p. 176.

(17) DARWIN G. H., I suoi lavori sulla cosmogonia sono contenuti in sei importantissime Memorie presentate alla Società Reale di Londra dal 1879 al 1882.

(18) NEWTON, *Principia* (Osservazioni alla prima legge del moto). « Majora autem Planetarum et Cometarum corpora motus suos et progressivos et circulares, in spatiis minus resistentibus factos, conservant diutius.

(19) *Philosophical Transactions di Londra,* N. 204.

(20) *Mémoires de l'Académie de Sciences de Paris, 1787,* p. 235.

(21) Nel 1802. *Mécanique Celeste*, tomo III, libro VII, trovò 10″,2.

(22) *Philosophical Transaction*, 1853, p. 397.

(23) *Comptes rendus de l'Acadèmie des Sciences*, 1859, ed altri scritti pubblicati dalla stessa Accademia nel 1864 e 1866.

(24) THOMSON e TAIT, *Natural Philosophy*, vol. II. pag. 278 e seg.

(25) RANKINE, *On the re-concentration of the mechanical Energy of the Universe*, 1852. Vedasi pure THOMSON, *On a Universal Tendency in nature to the dissipation of Mecanical Energy*. Philosophical Magazine, Ottobre 1852.

(26) HIRN, *Théorie Mécaniques de la chaleur*, II^e^ partie, 1868.

(27) PROCTOR, *The Poetry of Astronomy*, 1881. Si veda anche lo scritto di KINGDON CLIFFORD intitolato *The First and the last Catastrophe*, Sunday Lecture Society, 12 aprile 1874 e WUNDT, *Ueber das kosmologische Problem*. L'eccellente libro del Dott. GÜNTHER, *Lehrbuch der Geophysik*, merita fra i molti trattati di *geofisica*, particolar menzione anche per quanto riguarda la cosmogonia. Sono importantissime su questo argomento le *Cosmologische Briefe* di LAMBERT, 1761.

(28) STEWART e TAIT, *The Unseen Universe*.

(29) CROLL, *On the probable origin and age of the Sun;* Quarterly Journal of Science, I, LV, 1877.